

# Red de Sensores Inalámbricos para el Monitoreo de Adultos Mayores

Darío Weitz<sup>1</sup>, Franco Lianza<sup>1</sup>, Denis Maria<sup>1</sup>, Nicole Schmidt<sup>1</sup>, Juan Pablo Nant<sup>1</sup>, Sara Feldman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional Rosario – Universidad Tecnológica Nacional, Zeballos 1341, Rosario

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario

[dar.wtz@gmail.com](mailto:dar.wtz@gmail.com)

**Resumen.** La población mundial se encuentra en un proceso de envejecimiento debido al efecto combinado de una disminución en las tasas de fertilidad y el incremento en las expectativas de vida. Las Tecnologías de Monitoreo y Asistencia Remota permiten monitorear las Actividades de la Vida Diaria de las personas para prevenir el agravamiento de enfermedades crónicas cuya prevalencia se incrementa con la edad. Se propone una red de sensores inalámbricos para el monitoreo y asistencia remota de un adulto mayor que vive solo en su residencia habitual. Se seleccionaron tecnologías simples, económicas, de bajo consumo energético y de fácil instalación y mantenimiento. La evaluación del sistema propuesto se realiza mediante un modelo de simulación dada la dificultad de realizar experimentos intrusivos y de larga duración en domicilios de adultos mayores. El sistema genera resúmenes gráficos y presenta la información resumida a familiares y proveedores de salud mediante aplicaciones web.

**Palabras clave:** monitoreo y asistencia remota, sensores, modelo de simulación.

## 1 Introducción

La División Población del Department of Economic and Social Affairs de las Naciones Unidas indicó que la población mundial llegó en el año 2013 a los  $7.2 \cdot 10^9$  habitantes en el planeta, con un crecimiento promedio anual de 81 millones de personas. Se estima que llegará a  $8.1 \cdot 10^9$  para 2025 y a  $9.6 \cdot 10^9$  a finales del año 2050. Analizando las franjas etarias, se pronostica que la población mayor a los 60 años será la de mayor crecimiento: la tasa de crecimiento en los países desarrollados será del 1% anual hasta el año 2050 y luego se reducirá al 0.11% anual para el período entre 2050 y 2100. Este grupo etario crecerá en tales países de  $287 \cdot 10^6$  en 2013 a  $417 \cdot 10^6$  para el año 2050. Por su parte, la tasa de crecimiento de los mayores de 60 años es muy superior en las regiones con menor desarrollo económico-social: 3.7% en el período 2010 – 2015; 2.9% para el período 2016 – 2050; 0.9% para 2050 – 2100. En número de personas implica pasar de  $554 \cdot 10^6$  en 2013 a  $1.6 \cdot 10^9$  en el año 2050 y  $2.5 \cdot 10^9$  a finales de la centuria [1].

Estos números muestran con claridad que la población mundial está envejeciendo. Es el resultado de dos factores concurrentes: i.- disminución en la tasa de fertilidad; ii.- continuos avances en ciencias y tecnologías de la salud junto a mejoras en las condiciones económicas, sociales y ambientales que se traducen en un significativo aumento en las expectativas de vida en todas las regiones del planeta.

El envejecimiento inevitablemente resulta en la disminución de la agudeza sensorial (vista, audición, olfato, etc.), menor resistencia y fuerza muscular, inconvenientes en la movilidad, disminución de la claridad mental y alteraciones en la estabilidad. Más importante aún, con la edad se incrementa de manera significativa la prevalencia de enfermedades crónicas tales como hipertensión arterial, asma, enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y otras que son la principal causa de muerte en todos los países [2]. Un resultado inevitable de lo recientemente indicado es que los costos de los servicios públicos de salud crecen de manera muy sesgada porque los mayores de 65 años consumen de 3 a 5 veces más recursos cuando se los compara con los menores de esa edad [3].

La dramática aceleración en el número de pacientes crónicos junto al incremento en los costos de los servicios públicos de salud y la probable escasez de trabajadores de cuidado directo (enfermeras, paramédicos, ayudantes de la salud, auxiliares de atención domiciliaria) muestran la necesidad de un cambio radical en el proceso de cuidado de los adultos mayores. La reducción en los costos de los servicios de salud solo podrá ser provista por soluciones de gestión de las enfermedades que expandan el flujo de información hacia los centros de salud por parte de pacientes de alto riesgo o pacientes que sufren de enfermedades crónicas.

El modelo tradicional de provisión de servicios de salud “reactivo” debe ser modificado por un modelo proactivo que provea recursos en todo momento y en todo lugar. El modelo proactivo está basado en dos conceptos claves: i.- Sistemas de Salud Personalizados (SSP); ii.- Sistemas de Monitoreo y Asistencia Remota [4]. Los Sistemas de Monitoreo y Asistencia Remota tienen entre sus objetivos el transformar el hábitat del paciente para recolectar y compartir información de sus residentes con los mismos, sus familiares y con proveedores de servicios de salud asociados. Las Tecnologías de Monitoreo y Asistencia Remota permiten monitorear las actividades diarias de las personas y detectar cambios funcionales para actuar como sistemas de alerta temprana, y de esta manera prevenir la ocurrencia de un evento severo de salud.

La implementación y puesta a punto de Sistemas de Monitoreo y Asistencia Remota es un proceso de alta complejidad que intentó ser resuelto mediante la construcción de hogares inteligentes. Los proyectos más elaborados fueron: i) CASAS (Center for Advanced Studies in Adaptive Systems) de la Washington State University (WSU) [5], un hogar inteligente establecido en el campus Pullman de la WSU donde se prueban diversas tecnologías que monitorean las actividades de los residentes y mediante técnicas de inteligencia artificial se busca mejorar el confort, la seguridad y la productividad de los habitantes del hogar; ii) Proyecto PlaceLab del MIT [6], una estructura de investigación científica altamente instrumentada y con las dimensiones de una vivienda real donde se recolectaron datos ambientales y de comportamiento humano. Se monitoreó a un grupo de voluntarios y se evaluaron diferentes estrategias y tecnologías de monitoreo. El proyecto concluyó en el año 2008; iii) Gator Tech Smart House de la Universidad de Florida [7], una casa de amplias dimensiones transformada en un laboratorio experimental donde se implementan, prueban y validan diversos sistemas orientados a asistir adultos mayores o personas con necesidades especiales con el objetivo de que los mismos vivan de manera independiente y con alta calidad de vida. Las tareas de investigación son desarrolladas por personal del Mobile and Pervasive Computing Laboratory de la citada universidad.

Numerosas empresas privadas están lanzando al mercado sensores, sistemas de monitoreo, sistemas de asistencia remota y otras soluciones de telemedicina, de cuya eficacia y utilidad existe poca información confiable [8], [9]. A pesar de las numerosas innovaciones tecnológicas que ya se encuentran en el mercado, el desarrollo de un sistema eficiente de provisión remota de salud es una tarea compleja y masiva debido a la necesidad de integrar tecnologías heterogéneas en una estructura de servicio muy imbricada. La industria carece de

una apropiada integración de las tecnologías de sensado, recopilación de datos, transmisión remota y algoritmos y métodos computacionales que produzcan los resultados deseados [10].

La implementación y evaluación de un sistema real de monitoreo y asistencia de adultos mayores presenta varias dificultades: i) dificultad para reclutar participantes ii) necesidad de recolectar datos durante un período muy prolongado de tiempo; iii) recolección de datos de disímil nivel de confiabilidad; iv) dificultad en detectar un número significativo de anomalías; v) dificultad para evaluar escenarios que impliquen riesgos para los residentes [11]. Existe conjuntos de datos públicos que podrían ser utilizados para el entrenamiento y evaluación de sistemas de monitoreo [12]. El inconveniente para su aplicación radica en que los voluntarios reclutados no siempre pertenecieron a la franja etaria de adultos mayores, los datos son muy específicos de la cultura del país de registro y escasamente confiables porque los sujetos bajo estudio suelen comportarse de manera diferente al sentirse observados.

Las dificultades previamente detalladas indican la conveniencia de desarrollar una etapa previa de simulación antes de incorporar un sistema de monitoreo en la residencia de un adulto mayor. Un modelo de simulación es una herramienta muy eficaz para ganar comprensión y conocimiento sobre la conducta de un sistema complejo. Permite experimentar y poner a punto diversas configuraciones, plantear escenarios de riesgos y anomalías, responder preguntas y evaluar ideas, algoritmos y métodos. Como resultado, se podrá obtener un diseño más robusto, confiable y económico. La literatura reporta un cierto número de simuladores o modelos de simulación que se emplean para evaluar redes de monitoreo, pero la elevada complejidad del problema no ha permitido obtener aún una solución definitiva [13], [14].

En este trabajo se propone una red de sensores inalámbricos para el monitoreo y asistencia remota de un adulto mayor que vive solo en su residencia habitual. Se seleccionaron tecnologías simples, económicas, de bajo consumo energético y de fácil instalación y mantenimiento. La evaluación del sistema propuesto se realiza mediante un modelo de simulación dada la natural dificultad de realizar experimentos intrusivos y de larga duración en domicilios de adultos mayores con enfermedades crónicas. El sistema permite generar resúmenes gráficos a partir de enormes cantidades de datos de sensores y presentar la información resumida a familiares y proveedores de salud mediante aplicaciones web.

## **2 Modelo de Simulación**

El modelo de simulación fue desarrollado utilizando el lenguaje de programación C#. Es un lenguaje de programación de propósito general orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET. El framework de desarrollo utilizado fue Microsoft Visual Studio 2012. El modelado de la vista 3D se realizó mediante el software SketchUp Pro 2015, utilizando componentes de la galería 3D Warehouse. El renderizado del modelo se realizó con el software SU Podium V2.5 Plus. Las líneas de redes de sensores se dibujaron mediante Visual Basic Power Packs Line and Shape controls. El motor de base de datos para el almacenamiento de datos y resultados fue Microsoft SQL Server 2008.

El algoritmo de simulación se desarrolló según el esquema de modelado de simulación de eventos discretos que utiliza el enfoque exploración de actividades [15]. Es una clase de modelo de simulación dinámico, discreto y estocástico. La dimensión dinámica involucra el pasaje del tiempo simulado y una representación explícita de la secuencia de actividades que realiza el residente del hábitat simulado. La dimensión discreta indica que los eventos de interés cambian en puntos separados en el tiempo. La dimensión estocástica permite modelizar la conducta relativamente impredecible que tienen los seres humanos en sus actividades

diarias. El enfoque exploración de actividades enfatiza una revisión de todas las actividades presentes en la simulación para determinar cuál puede iniciarse o finalizar al siguiente avance del reloj de la simulación. Es computacionalmente menos eficiente que los otros enfoques y por ello se lo utiliza menos, pero es el apropiado para la simulación de las actividades diarias de un adulto mayor. Se define a la actividad con un par de eventos: uno que inicia y otro que completa una operación que transforma el estado de una entidad. Las actividades tienen duraciones finitas y los cambios de estado se observan al comienzo o al final de la misma.

El modelo de simulación consta de tres componentes principales: i) el habitante de la residencia cuyas actividades diarias son monitoreadas; ii) la residencia simulada; iii) redes de sensores inalámbricos. El modelo está restringido a la simulación de una sola persona; no se considera una restricción importante debido a que la coexistencia de dos o más personas en una residencia permite una mutua evaluación del estado de salud superior al de cualquier sistema de información. La residencia simulada consta de un dormitorio, un baño, un estudio con computadora, un living con televisor y una cocina equipada que incluye una mesa y silla. Permite una vista en planta (2D) o una vista 3D. Las redes de sensores inalámbricas se encargan de registrar el conjunto de Actividades de la Vida Diaria (AVD) que desarrolla el habitante virtual de la residencia simulada. Al respecto, se consideraron dos tipos de actividades diarias: i) actividades de tiempo específico (desayunar, almorzar, dormir a la noche, etc.), caracterizadas por realizarse solo una vez por día y en horario acotado; ii) actividades que se repiten (ir al baño, tomar mate, ver televisión, etc.) que suelen realizarse más de una vez por día y en horario libre. Se seleccionaron aquellas AVD que podían ser registradas mediante sensores inalámbricos simples y económicos, y cuyos cambios significativos podrían ser un indicador de deterioro en las condiciones de salud del residente y así servir como alerta temprana.

Un módulo de gestión de sensores permite la incorporación de diversos tipos, marcas, modelos y proveedores de sensores de movimiento, temperatura, humedad, ocupación de cama y/o sillón. También sensores magnéticos de apertura de puertas, de sonido, fotocontrol y detectores de humo, gas natural y monóxido de carbono. Haciendo clic derecho sobre cuadrados azules dibujados en los distintos ambientes de la residencia simulada se pueden agregar o quitar sensores, activarlos o desactivarlos. El sistema permite configurar la probabilidad de ocurrencia de un siniestro (incendio, pérdida de gas, etc.), distribuyendo esa probabilidad entre las diferentes habitaciones de la residencia.

La simulación procede según un mecanismo de cuatro etapas: i) generación de la secuencia de actividades; ii) avance del tiempo simulado al tiempo de ocurrencia de la próxima actividad; iii) activación de los correspondientes sensores; iv) almacenamiento en base de datos del tiempo simulado, actividad y sensores activados. Una de las suposiciones fundamentales del modelo propuesto es que la secuencia de actividades se genera a partir de distribuciones de probabilidad específicas para cada actividad de tiempo específico y cada actividad repetitiva. Tales distribuciones de probabilidad se obtienen analizando datos empíricos y ajustando esos datos mediante software apropiado. Si el tiempo de ocurrencia de una o más actividades se solapan con otra actividad en proceso, el algoritmo coloca a las primeras en una cola de espera y procede a ejecutarlas según un esquema FIFO. La secuencia de números aleatorios imprescindibles para generar las variables aleatorias correspondientes a las distribuciones de probabilidad se obtiene a partir del generador provisto por el lenguaje de programación utilizando como semilla el reloj del microprocesador o un valor ingresado desde teclado. Esta última alternativa permite repetir la secuencia de números aleatorios y se la utiliza durante la etapa de verificación para asegurar que el modelo de simulación esté libre de errores lógicos.









Se incluyó un esquema de animación para mejorar la representación de la secuencia de actividades que realiza el residente del hábitat simulado. La animación colabora en el proceso de validación del modelo de simulación –asegurar que el modelo sea una adecuada representación de la realidad- al permitir que los familiares y/o profesionales de la salud involucrados visualicen la secuencia de actividades. Adicionalmente, el sistema incluye la posibilidad de realizar la simulación sin el proceso de animación cuando el objetivo es la prueba del sistema o la obtención rápida de resultados.

### 3 Descripción del Sistema

Un hogar inteligente es una residencia a la cual se le incorporan sensores para monitorear el ambiente y dispositivos para proveer servicios proactivos que mejoran la calidad de vida y seguridad de los residentes. Tres tipos diferentes de tecnologías de sensores se han utilizado para el monitoreo de personas en hogares inteligentes: (a) sensores corporales (wearables); b) sensores inalámbricos embebidos en el ambiente; c) sensores mediados por la infraestructura [16]. La alternativa (a) es excesivamente intrusiva, propensa a fallas y con limitaciones para la determinación de actividades. La alternativa (c) es compleja y costosa cuando los sensores se deben incorporar en una residencia ya construida (en cañerías, sistemas eléctricos, ductos, etc.). La alternativa (b) corresponde a un conjunto de dispositivos autónomos, distribuidos físicamente en la residencia a monitorear y que se comunican mediante algún tipo de tecnología inalámbrica. Su topología es flexible y no requieren de un número mínimo para su funcionamiento.

Para el desarrollo del proyecto se eligió una red inalámbrica de sensores que pueden ser embebidos en el ambiente y que satisfacen los siguientes requerimientos: i) no invasivos, discretos y relativamente “invisibles” de forma tal que no interfieren con las actividades diarias que realiza el residente; ii) mínimo consumo de energía; iii) comunicación fluida a través de un protocolo simple; iv) económicos y simples de instalar; v) mínimos requerimientos de mantenimiento; vi) garantizan la privacidad y confidencialidad de los datos. La Tabla 1 muestra imágenes y describe las características principales de los sensores seleccionados.

**Tabla 1.** Descripción de los sensores.

Modelo	Variable Medida	Imagen	Especificaciones	Modelo	Variable Medida	Imagen	Especificaciones
BH1750	Intensidad de Luz		*V. Entrada: DC 3.3V *Rango Medición: 1 a 65535lx	FC-04	Sonido		*V. Entrada: DC 3.3V – 6V *Sensibilidad: Ajustable
DHT11	Temperatura y Humedad		*V. Entrada: DC 3.3V – 6V *Consumo: 1.5mA *Rango Medición: 20% – 90% y 0 – 50°C *Tiempo salida: <5 seg *Precisión: ±5.0% y ±2.0°C	MPX201A	Presión		*V. Entrada: DC 3.3V – 6V *Consumo: 6mA *Rango Medición: 0 – 200 kPa
HC-SR501	Movimiento		*V. Entrada: DC 4.5V – 20V *Consumo: <60 uA *Rango Medición: 3 – 7m *Tiempo salida: <5 seg *Temp. de Trabajo: -20 – 80°C	MQ2	Gas, Humo, CO		*V. Entrada: DC 5V *Consumo: 122mA *Rango Medición: 10 – 1000 ppm
LDR	Intensidad de Luz (Binario)		*V. Entrada: DC 3.3V – 6V *Consumo: 10mA *Sensibilidad: Ajustable	ARD0086	Contacto (Magnético)		*V. Entrada: DC 3.33 – 5V *Consumo: 15mA

La Figura 1 muestra la arquitectura del sistema que corresponde a una topología de tres capas: el menor nivel –capa de percepción– está formado por distintos tipos de sensores según la actividad de monitoreo requerida. Los sensores se encuentran conectados mediante una

topología malla y se comunican mediante el protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4). Es una tecnología de comunicación inalámbrica que en su variante estándar utiliza la banda de 2.4 GHz, y se caracteriza por su simplicidad, bajo consumo energético, bajo costo, alta capacidad de red y transferencia de datos confiable. Presenta baja latencia y se la utiliza en aplicaciones con baja tasa de transmisión y de corto alcance. En la capa 1 de la Figura 1 se muestra la ubicación de los tres dispositivos que conforman la tecnología: coordinador ZigBee; routers ZigBee; end devices. ZigBee es una tecnología comercialmente madura que puede mantenerse operativa desde seis meses hasta varios años y se considera que puede transformarse en el estándar global de las redes ubicuas a partir de los cientos de fabricantes que la desarrollan a escala mundial [17]. La capa 2 se denomina capa de procesamiento y está conformada por un servidor y un router. El servidor recibe los datos provistos por los sensores y los almacena en una base de datos donde serán procesados mediante modelos entrenados para detectar cambios en la frecuencia o duración de las AVD o para la detección de patrones anómalos. La información se encripta previa a su transmisión vía router a un servidor de internet. La tercera capa –capa de aplicación– resume la información procesada. Podrá ser accedida por el propio usuario, sus familiares y un servicio de salud remoto. Habrá un repositorio de datos donde se guardará la información para su evaluación por parte de profesional médico calificado. Se incluyen procedimientos de seguridad para evitar que la información llegue a conocimiento de personal no autorizado.

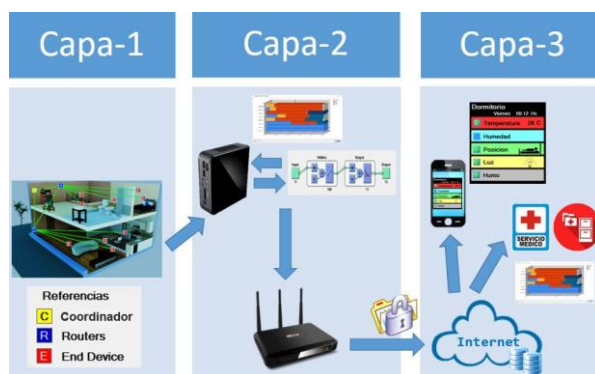
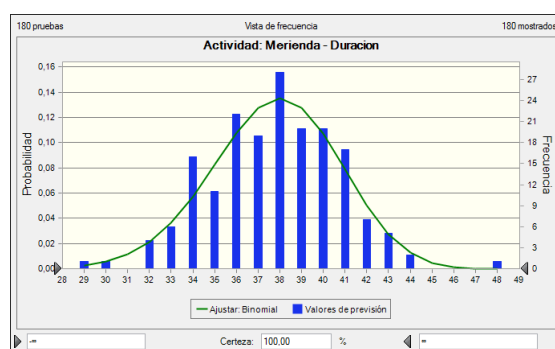


Fig. 1. Arquitectura del sistema.

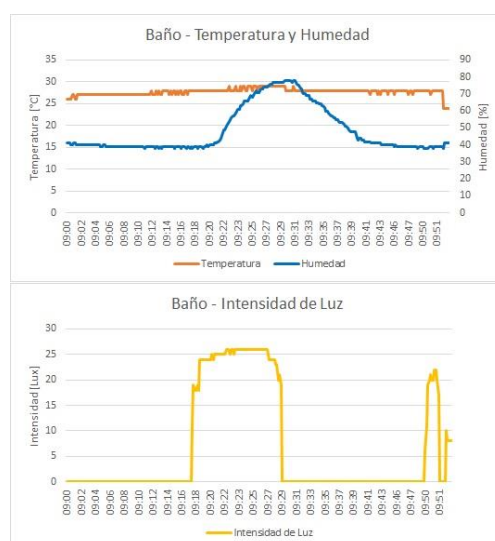
#### 4 Recolección de datos

El perfil genérico del residente simulado corresponde a una persona mayor que vive sola en su domicilio, posee autonomía de movimientos, sufre de alguna enfermedad crónica pero prefiere vivir de manera privada e independiente. Para poder generar la secuencia de actividades se solicitó a una mujer de 81 años que vive sola en su domicilio particular el llenado de un diario de actividades de la vida diaria (repetitivas y de tiempo específico) durante seis meses. Algunos datos ausentes por omisión u olvido fueron completados mediante la función Datos Aleatorios del Menú Calc del software Minitab. Los datos fueron ingresados a una planilla Excel y posteriormente procesados mediante el software Crystal Ball [15] para obtener las funciones de distribución de probabilidad (con sus correspondientes parámetros) de la hora de inicio y duración de las actividades de tiempo específico que mejor ajustaron a los datos recolectados. Las frecuencias de las actividades repetitivas se modelizaron mediante distribuciones empíricas.

La Figura 2 muestra el mejor ajuste determinado por el software Crystal Ball a los datos recolectados para la propiedad Duración de la actividad Merienda. Para los otras actividades de tiempo específico se utilizaron las siguientes distribuciones de probabilidad (entre paréntesis se indica el valor de la prueba Anderson – Darling): Dormir – Hora de Inicio: Weibull (0,5227); Desayunar: Hora de Inicio, Beta (0,1635); Duración, Binomial Negativa; Almorzar: Hora de Inicio, Logística (0,3434); Duración, Binomial Negativa; Merendar: Hora de Inicio, Normal (0,2004), Duración, Binomial; Cenar: Hora de Inicio, Logarítmico Normal (0,1940), Duración, Poisson.



**Fig. 2.** Ajuste de la actividad Merienda – Duración.



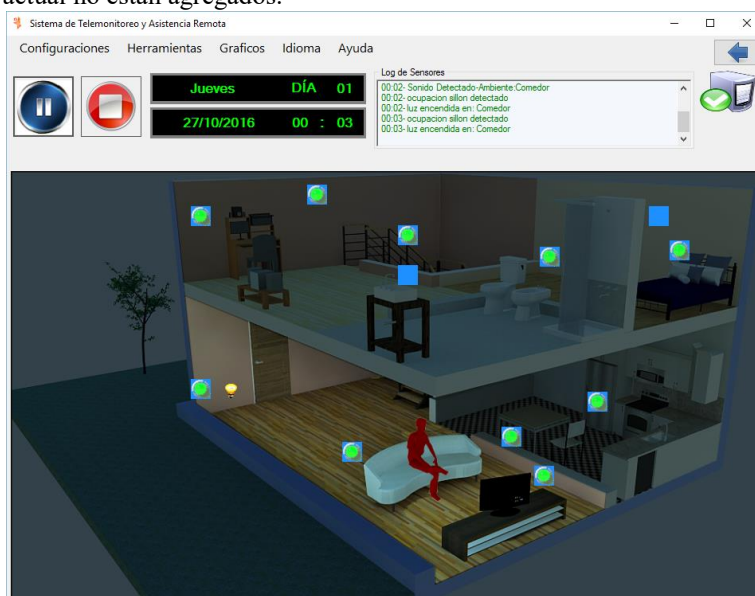
**Fig. 3.** Datos recolectados en el ambiente baño.

Las redes de sensores inalámbricos fueron ensayadas mediante su instalación en residencias de familiares de autores del proyecto. El objetivo fue evaluar el funcionamiento de las mismos y su utilización para la detección de eventos y actividades domésticas: sensores infrarrojos de movimientos para detectar los desplazamientos; sensores magnéticos de puertas para detectar salida hacia el exterior; sensores de presión y luminosidad para el control de horas de sueño; sensores de presión para el control del uso de computadora y televisor. La Figura 3 muestra como el uso combinado de sensores de temperatura, humedad y luminosidad instalados en un baño permite detectar la realización de la ADV tomar una ducha.

Se utilizaron datos de temperatura y humedad registrados mediante termo-higrómetros digitales y almacenados en data loggers Hobo (Hobo U23-003). Las mediciones se realizaron en el microcentro de la ciudad de Rosario durante el período setiembre de 2013 hasta agosto de 2014 en intervalos de 15 minutos [18].

## 5 Discusión

La Figura 4 muestra la pantalla principal del modelo de simulación. Se observan las diferentes habitaciones que conforman la residencia, como así también al habitante virtual desarrollando una de las actividades diarias repetitivas (mirar televisión). Los círculos verdes sobre un recuadro azul indican la presencia de uno o más sensores activos en ese ambiente. Un círculo verde intenso indica que el sensor está recolectando el dato correspondiente, mientras que los cuadrados azules corresponden a posibles ubicaciones de sensores que en la corrida de simulación actual no están agregados.



**Fig. 4.** Vista principal del modelo de simulación.

Antes de iniciar una corrida de simulación, se procede a activar el conjunto de sensores que caracterizan el escenario a evaluar. También se configura la probabilidad de ocurrencia de un siniestro (incendio, pérdida de gas, etc.), y la distribución de esa probabilidad entre las diferentes habitaciones de la residencia. Se define la fecha de inicio de la simulación, la cantidad de días a simular y se elige entre una simulación con animación (para visualización del escenario o validación del modelo) o una simulación sin animación para obtención rápida de resultados. Se evaluaron diferentes escenarios relacionados con la cantidad y despliegue del conjunto de sensores inalámbricos que registraban las AVD del residente. La información recolectada durante las corridas se visualiza en la pantalla en un log de sensores y se almacena en una base de datos. A partir de la misma se obtienen gráficas de producción y reportes de métricas con la intención de detectar cambios en la frecuencia o duración de las AVD y así poder actuar como sistema de alerta temprana para prevenir la ocurrencia de un evento severo de salud.



La capa de aplicación contiene un conjunto de aplicaciones gráficas que les permite a los familiares y proveedores de salud remotos visualizar información puntual e información resumida referida a los AVD del residente monitoreado.

La Figura 5 muestra imágenes que pueden observarse en un smartphone relacionadas con los datos recolectados por los sensores en el dormitorio: temperatura; humedad relativa del ambiente (no agregado); ocupación de la cama; luces encendidas; detección de humo (inactivo). La Figura 6 muestra una gráfica de valores promedios de la ocupación de los diferentes ambientes en periodos de tres horas; se observa una importante ocupación del dormitorio como resultado del hábito de la moradora de leer acostada en la cama. La Figura 7 muestra en un diagrama estilo Gantt la distribución diaria de ambos tipos de AVD. Este tipo de salida gráfica puede ser utilizado como una herramienta para detectar cambios en los hábitos del morador de la residencia.

El sistema permite generar conjuntos de datos sintéticos que en la siguiente etapa del proyecto serán utilizados para entrenar y evaluar algoritmos de reconocimiento de actividades y/o detección de valores anómalos.



Fig. 5. Aplicación móvil del sistema.

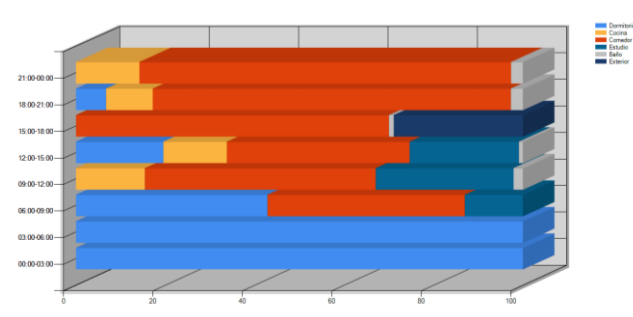


Fig. 6. Grafica de ocupación de ambientes.

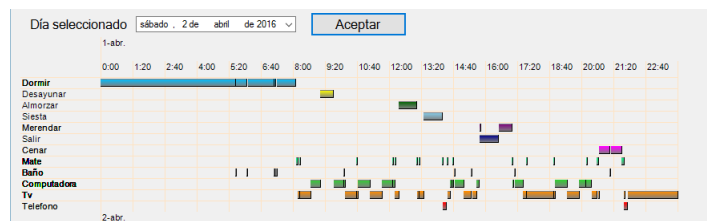


Fig. 7. Resumen diario de actividades.

## 6 Conclusiones

La población mundial se encuentra en un proceso de envejecimiento debido al efecto combinado de una disminución en las tasas de fertilidad y un notable incremento en las expectativas de vida. Un número creciente de adultos mayores, por preferencia y necesidad, vivirá solo en su residencia habitual a pesar de los riesgos y peligros inherentes a ese modo de vida.

Los hogares inteligentes proveen una alternativa factible, segura, relativamente económica y confiable para la protección y asistencia de personas vulnerables debido a enfermedades

crónicas. El éxito de un hogar inteligente reside en la calidad de información que reciba el sistema de soporte de toma de decisiones, el cual a su vez depende de la cantidad, calidad y despliegue de los sensores involucrados y de la arquitectura general del sistema.

Se ha diseñado una primera propuesta de un sistema de monitoreo y asistencia remota de un adulto mayor con enfermedades crónicas que es configurable, flexible y escalable. Se utilizan tecnologías simples, económicas, de bajo consumo energético y de fácil instalación y mantenimiento. El sistema se evalúa mediante un modelo de simulación de eventos discretos que utiliza el enfoque exploración de actividades. Un conjunto de aplicaciones gráficas permite el monitoreo remoto por parte de familiares y proveedores de salud asociados. El objetivo del sistema es mejorar la calidad de vida de los residentes tratando de predecir el agravamiento o la exacerbación de las condiciones crónicas de los mismos.

## Referencias

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.228. (2013)
2. Paré, G, Jaana, M., Sicotte, C.: Systematic Review of Home Telemonitoring for Chronic Diseases: The Evidence Base. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 14, 3, May/June 2007.
3. Holland, T.: Healthy at Home: The Economic Benefits of Remote Patient Monitoring, <https://insights.samsung.com/2016/02/05/healthy-at-home-the-economic-benefits-of-remote-patient-monitoring/>
4. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies: Strategic Intelligence Monitor on Personal Health Systems (SIMPHS). Market Structure and Innovation Dynamics, EUR 24669 EN.
5. CASAS, Center for Advanced Studies in Adaptive Systems, <http://casas.wsu.edu/research-projects>
6. MIT, Media Lab Project April 2015, <http://www.media.mit.edu/files/projects.pdf>
7. Mobile and Pervasive Computing Research, University of Florida, <http://www.icta.ufl.edu/gt.htm>
8. Phillips Enterprise Telehealth, <http://www.usa.philips.com/healthcare/solutions/enterprise-telehealth>
9. Samsung, Business Home, Telecare, <http://www.samsung.com/us/business/by-industry/healthcare/>
10. Suryawanshi, C.R., Bhute, Y.C.: A WSN based system for enhancing intra mobility solutions for healthcare – A review, *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 2 (9), pp. 33 – 37, (2014)
11. Cardinaux, F., Brownsell, S., Bradley, D. Hawley, M.S.: A home daily activity simulation model for the evaluation of lifestyle monitoring systems, *Computers in Biology and Medicine*, 43, pp. 1428 – 1436, (2013)
12. UCI MLR, <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html?sort=nameUp&view=list>
13. Kormanyos, B., Pataki, B.: Multilevel Simulation of Daily Activities: Why and How, 2013 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA), 15-17 july (2013)
14. Elfaham, A., Hagra, H., Helal, S., Hossain, S., Woong Lee, J., Cook, D.: A Fuzzy Based Verification Agent for the Persim Human Activity Simulator in Ambient Intelligent Environments, 2010 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ), 18-23 July (2010)
15. Evans, J.R., Olson, D.L.: Introduction to Simulation and Risk Analysis, Prentice Hall, (1998)
16. Ding, D., Cooper, R.A., Pasquina, P.F., Fici-Pasquina, L.: Sensor technology for smart homes, *Maturitas*, 69, pp. 131-136, (2011)
17. Ozkul, T., Sevin, A.: Survey of Popular Networks Used for Biosensors, *Biosensors Journal*, 3, 1, (2014)
18. Coronel A.; Feldman, S.R.; Jozami, E.; Kehoe, F.; Piacentini, R. D. Dubbeling, M.; Escobedo, F. J.: Effect of urban green areas on air temperature in a medium size Argentine city. *Environment Science* 2(803-826), (2015)